

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000201009 A**

(43) Date of publication of application: **18.07.00**

(51) Int. Cl.

H01Q 1/38
H01L 39/00

(21) Application number: **11000434**

(22) Date of filing: **05.01.99**

(71) Applicant: **SEIKO EPSON CORP**

(72) Inventor: **IWASHITA SETSUYA**

(54) **HIGH FREQUENCY ELEMENT**

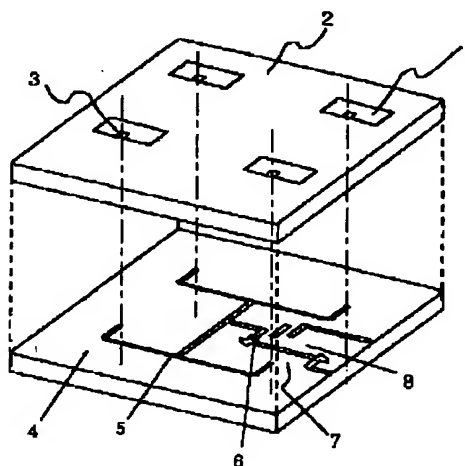
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make this high frequency element inexpensive and compact, and to realize high performance by forming antennas constituted of oxide superconductors on a silicon substrate, and laminating a high frequency integrated circuit board, and connecting them through a slot antenna.

SOLUTION: Every four pieces of patch antennas 1 and slot antennas 3 constituted of superconductive thin films are plane-arrayed on a silicon substrate 2 so that an antenna part can be formed by a prescribed manufacturing process. A strip line 5, mixer 6, LO filter 8, and IF filter 7 constituted of superconductive films are laminated on a silicon substrate 4 by the prescribed manufacturing process so that a high frequency circuit can be formed. The silicon substrate 2 and the ceramic substrate 4 are adhered and laminated with high precision by using polyimide so that the edge of the slot antenna 3 can be overlapped on the edge of the strip line 5, and signals received by the patch antennas 1 of the antenna part are transmitted

through the slot antennas to the high frequency circuit part. Thus, any loss can be reduced more effectively than in the case that the antenna circuits are connected through wiring.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-201009

(P2000-201009A)

(43) 公開日 平成12年7月18日 (2000.7.18)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 Q 1/38

Z A A

H 0 1 Q 1/38

Z A A

5 J 0 4 6

H 0 1 L 39/00

Z A A

H 0 1 L 39/00

Z A A Z

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号

特願平11-434

(22) 出願日

平成11年1月5日 (1999.1.5)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 岩下 節也

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100093388

弁理士 鈴木 喜三郎 (外2名)

Fターム(参考) 5J046 AA07 AA19 AB03 AB08 AB13

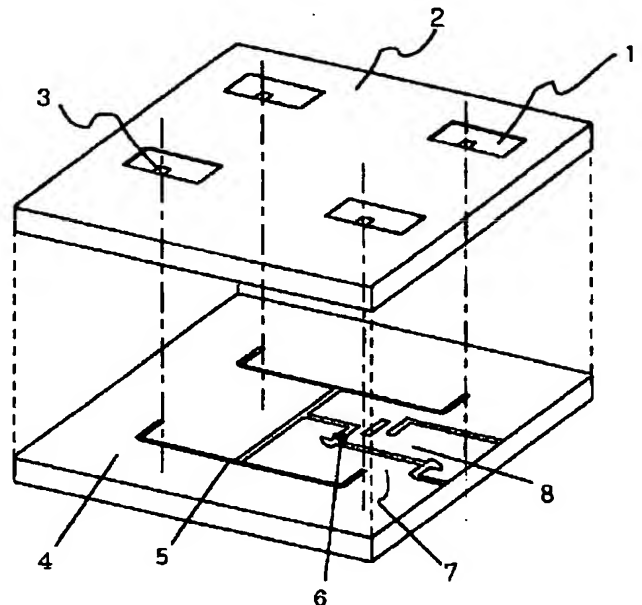
PA07

(54) 【発明の名称】 高周波素子

(57) 【要約】

【課題】 アンテナ、フィルタ、ミキサすべて超伝導からなる高周波素子、あるいは能動素子が化合物半導体からなる高周波素子は、性能を上げるためアンテナと高周波回路を同一基板上に形成しようとする、サイズが大きくなり高価になってしまう。さらに、化合物半導体からなる高周波素子においては、アンテナと高周波回路を配線でつなぐと高周波になるほど損失が大きくなってしまう。

【解決手段】 アンテナ1をシリコン基板2上に形成し、該アンテナと高周波回路を積層する。さらにアンテナ1で受けた信号をスロットアンテナ3で下の高周波回路に落とす。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 高周波回路とアンテナを積層して集積化した高周波素子であって、アンテナをシリコン基板に形成したことを特徴とする高周波素子。

【請求項 2】 アンテナは少なくともスロットアンテナを含むことを特徴とする請求項 1 記載の高周波素子。

【請求項 3】 高周波回路とアンテナはすべて酸化物超伝導体からなることを特徴とする請求項 1 記載の高周波素子。

【請求項 4】 高周波回路は化合物半導体からなる能動素子を含む集積回路であることを特徴とする請求項 1 記載の高周波素子。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、移動体通信や無線 LAN などの通信分野に応用される高周波素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、携帯電話などの移動体通信の急激な立ち上がりにより、MMIC (Millimeter-wave Monolithic Integrated Circuit) をはじめとする化合物半導体等を用いた高周波素子の開発が精力的に行われている。数十 GHz 帯の高周波素子が実用レベルにあり、実験的には 100 GHz を超える値が得られている。MMIC には、FET などの能動素子と整合回路、インダクタンス、容量、抵抗、ストリップラインなどの受動素子が同一基板上に形成されている。ただし、例えば電子情報通信学会誌、Vol. 80, No. 5, 1997, pp 503~509 に記載されているように、アンテナはこの中に含まれていない。

【0003】一方、酸化物超伝導体も高周波デバイスとして高いポテンシャルを有している。超伝導体は常伝導金属に比べ、高周波領域において 2 桁ほど表面抵抗が小さいことから、超伝導体を用いた高利得、小型のアンテナ、フィルタ、雑音指数が低いミキサ等の高周波素子の実現が期待されている。例えば、信学技報 SCE 97-10 (1997 年 4 月)、PP 55~60 に記載されているように、YBaCuO 系超伝導パッチアンテナの方が Au のパッチアンテナよりも実際高い利得が得られている。また、超伝導平面アレーアンテナの検討もなされており、シミュレーションによればアンテナ数が増えるにしたがい常伝導金属を用いた場合よりも利得の差が顕著になる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来の化合物半導体あるいは酸化物超伝導体を用いた高周波素子には以下のような問題点がある。

【0005】まず、化合物半導体を用いた高周波素子であるが、先に述べたように、アンテナは MMIC の回路

の中には含まれていない。すなわち外付け部品である。周波数が高くなればなるほど、配線等における損失が大きくなるため、アンテナと MMIC 等の高周波回路間の距離が長いと特性が劣化してしまう。そこで、アンテナも高周波回路と同一基板上に集積する方法も考えられるが、その分基板サイズが大きくなってしまふ。化合物半導体は GaAs 基板を用いるが、GaAs 基板は Si 基板に比べ高価であるため、基板サイズがコストに効いてくる。

【0006】一方、酸化物超伝導体を用いた高周波素子にも次のような問題点がある。アンテナは常伝導金属を用いたアンテナよりも確かに高い利得が得られるが、その値は超伝導アンテナ 1 個だけでは実用には充分とは言えない。利得をかせぐ方法として超伝導アンテナを同一基板上に複数個ならべた平面アレーアンテナが考えられるが、アンテナ数が増えるに従い基板サイズが大きくなってしまふ。また、超伝導体を用いたフィルタ、ミキサも高性能な素子であり、これらと超伝導アンテナを組み合わせればモノリシックで高性能な高周波素子が実現できるが、基板サイズはさらに大きくなってしまふ。酸化物超伝導体は高価なセラミックス基板上に形成されるため、基板サイズが大きくなれば、化合物半導体と同様にコストに効いてくる。また、基板サイズが大きくなると、面内で均一な薄膜の作製が難しくなる。さらに、同一基板上にアレーアンテナ、フィルタ、ミキサを形成するには素子間の干渉等によって設計が難しくなる。さらに、一番問題なのは、小型冷凍機が使用できなくなってしまうことである。ミキサやストリップラインの高周波回路とアンテナを積層して小型化する方法も考えられるが、スロットアンテナを形成する場合、セラミックス基板の穴あけ加工が難しく、コストの低減にもあまり効かない等の問題を有する。

【0007】本発明は以上述べた問題点を解決するものであり、Si 基板にアンテナを形成し、これを高周波回路と積層することによって、安価で小型かつ高性能な化合物半導体あるいは酸化物超伝導体を用いた高周波素子を提供するものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の高周波素子は上記課題を解決するものであり、高周波回路とアンテナを積層して集積化した高周波素子であって、アンテナをシリコン基板に形成したことを特徴とする。さらに、アンテナは少なくともスロットアンテナを含むこと、高周波回路とアンテナはすべて酸化物超伝導体からなること、あるいは高周波回路は化合物半導体からなる能動素子を含む集積回路であることを特徴とする。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施例にしたがって詳細に説明する。

【0010】(実施例 1) 図 1 は本発明の実施例 1 にお

ける高周波素子の構成を示す図である。シリコン（Si）基板2に形成された超伝導薄膜からなるパッチアンテナ1とスロットアンテナ3を4個平面アレー化したアンテナ部とセラミックス基板4上に形成された超伝導薄膜からなるストリップライン5、ミキサ6、LOフィルタ8、IFフィルタ7を集積した高周波回路で構成され、これらを積層することにより高周波素子になる。

【0011】上記高周波素子の作製方法を以下に示す。小型冷凍機搭載のため、Si基板およびセラミックス基板とも20mm角基板を用いる。また、ここでは高周波素子の周波数帯を12GHzとする。まず、アンテナ部の作製方法を示す。最初にスロットアンテナ3となる開口部をSi基板2に加工する。加工はFIBにより行う。FIBのほかに、フッ酸と硝酸の混酸、あるいは水酸化カリウム溶液等を用いたウェットエッチングにより加工してもよい。いずれの方法でも再現性および精度よく加工でき、セラミックス基板の加工のように割れ等は生じない。Si基板はセラミックス基板より安価であることのほかに、このような加工の歩留まりが向上し、コスト低減の効果が大きい。次に該基板上に超伝導薄膜を形成する。超伝導としては $YBa_2Cu_3O_y$ を用いる。ここで、成膜中Siと $YBa_2Cu_3O_y$ が相互拡散しないよう、バッファ層としてまずYSZを成膜した後さらに CeO_2 を形成する。YSZ、 CeO_2 、 $YBa_2Cu_3O_y$ の成膜はレーザーアブレーション法を用い、同一チャンバー中で連続的に行う。最後に所望の形状にパターニングし、超伝導薄膜からなるパッチアンテナ1を形成する。以上によりアンテナ部を得る。ここで、設計したパッチアンテナ1個の利得は約5dBであったが、4個の平面アレーにすることにより利得は12dBになった。また、Si基板は、受信周波数によって、適当な厚さのものを用いるとよい。

【0012】次に高周波回路の作製方法を示す。ここではセラミックス基板4としてYSZを用いる。超伝導体からなるストリップライン5、ミキサ6、LOフィルタ8、IFフィルタ7はYSZ基板上に超伝導薄膜を成膜した後、通常のフォトリソ工程を一回行なうだけで高周波回路が得られる。ジョセフソンジャンクションからなるミキサの形成方法としては、バイクリスタル基板や段差型基板等を用いる方法があるが、ここでは、基板に予めFIB照射によってダメージ部を形成し、その上に超伝導薄膜を成膜することにより生じる弱結合を利用する。Si基板ではこのようなジョセフソンジャンクションを超伝導薄膜の特性を落とさずに再現性よく得ることは難しい。従って、高周波回路も作製にはセラミックス基板を用いる。ここではRFフィルタを省いたが、超伝導平面アレーアンテナがRFフィルタの役割を果たす。

【0013】最後に、スロットアンテナ3とストリップライン5の端が重なるようにSi基板2とセラミックス基板4をポリイミドを用いて精度良く貼り合わせる。以

上の工程により高周波素子を得る。アンテナ部のパッチアンテナ1で受けた信号をスロットアンテナ3で下の高周波回路に落とすことにより、アンテナと回路を配線で結ぶより損失を抑えることができる。

【0014】この高周波回路をパッケージして冷凍機で60Kに冷却し、BS放送の12GHzの信号をLO11GHzとしてダウンコンバートしたところ、IF信号を取り出すことができた。以上のように、Si基板を用いることにより、小型で安価な高周波素子を得ることができる。なお、ここではアンテナとしてパッチアンテナを用いたが、ダイポールアンテナやスロットアンテナ単独でもよい。さらに、平面アレーアンテナの数を4個としたが、この限りではない。また、平面アレーアンテナを2層以上積層することも問題無い。

【0015】（実施例2）従来の化合物半導体を用いたMMICは、アンテナが外付け部品になっているが、本発明の高周波素子はMMICにアンテナを積層して集積化する。以下にその具体的な構成を示す。

【0016】まず、GaAs基板上にGaAs系FETからなるアンテナスイッチ、低雑音アンプ、ミキサ、パワーアンプ等の能動素子を形成する。その上に、インダクタンス、容量、ストリップライン等の受動素子を形成する。ここで、能動素子と受動素子はマススライス化により別々に作製した後合わせてもよい。このとき、アンテナを積層する側の表面にストリップラインを形成しておく。この上に実施例1と同様に、別に作製したスロットアンテナ用の開口部を設けたSi基板にパッチアンテナを形成したアンテナ部を、スロットアンテナの開口部がストリップラインの端部に重なるように合わせて積層する。ここで、パッチアンテナは超伝導薄膜でもよいが、冷却を必要とするため、通常の金属で良い。このような簡単な方法でアンテナまで集積した小型の高周波素子を得ることができる。パッチアンテナで受けた信号をスロットアンテナで高周波回路に落とすことにより、アンテナとMMICを配線でつないだ場合より、損失が抑えられた。今回、100MHzから100GHzの範囲で測定したが、その差は1GHz以上で現われ、周波数が高くなるほどその差は顕著になった。また、周波数が高くなるほどアンテナサイズは小さくなるので、集積化しやすくなる。このように、Si基板にアンテナを形成しMMICと積層して集積化することにより、アンテナとMMICを配線でつなぐ場合よりも損失を抑えることができ、またGaAsの同一基板上にアンテナを集積する場合より安価で小型化できる。なお、ここではパッチアンテナとしたが、ダイポールアンテナ、スロットアンテナ単体でもよい。

【0017】MMICとアンテナを積層した上記構造で、MMICとスロットアンテナではなく配線で結合させた場合、スロットアンテナの場合より特性は劣るが、従来よりは高性能、小型で安価な高周波素子ができる。

【0018】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、高周波回路とアンテナを積層して集積化した高周波素子であって、アンテナをシリコン基板に形成すること、さらに、アンテナは少なくともスロットアンテナを含むことにより、高周波回路とアンテナはすべて酸化物超伝導体からなる高周波素子、あるいは高周波回路は化合物半導体からなる能動素子を含む集積回路からなる高周波素子において、それぞれ安価で小型、高性能な高周波素子を提供できるという効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1における高周波素子の構成を示す図である。

【符号の説明】

- | | |
|----|----------|
| 1 | パッチアンテナ |
| 2 | シリコン基板 |
| 3 | スロットアンテナ |
| 4 | セラミックス基板 |
| 5 | ストリップライン |
| 6 | ミキサ |
| 10 | 7 IFフィルタ |
| 8 | LOフィルタ |

【図1】

